

SfM 技術等を活用するための新たな水路トンネル内部点検手法の考案

四電技術コンサルタント 法人会員 小橋錬人 岩本英次 和田雄基 松本総史
四国電力 法人会員 馬場達也

1. はじめに

我が国では、2050年カーボンニュートラルに向け、高経年化した既存水力発電所の長期的な安定運用が求められている。水路トンネル内部の点検は、発電停止を伴い、抜水作業後に行うのが一般的であり、点検作業の効率化による発電停止期間の短縮を図ることでCO₂の負荷低減に寄与することができる。一方で、従来の目視点検精度の向上・省力化を図り、予防保全的な維持管理に繋げることも重要である。そこで、連続画像から正射投影画像を作成し、容易に面的な観測を可能とするSfM(画像合成処理)技術等を活用するための新たな点検方法について検討し、現地に適用・検証した結果を報告する。

2. 水路トンネルの特徴と従来手法による水路トンネル点検の課題

2.1 水路トンネルの特徴

水力発電所等の水路トンネルは、以下の特徴がある。

設備ごとに延長や断面構造(大きさや形状)が異なる

道路トンネルのように常設された照明がない

山間部にあるため車両が坑口に寄り付けない箇所が多い

2.2 点検作業の課題

従来手法による水路トンネル点検では、以下の課題がある。

点検記録の作成や計測等のため、多くの作業員が必要(概ね5名以上/班)(図-1)

暗所のため作業効率が悪い

長距離・大断面になるほど作業時間が長くなる

3. 新たな点検手法の考案

現地作業では、主に点検記録の作成や変状の進行性の確認等に時間を要していることから、

現地作業は撮影のみとする

必要機材をパッケージ化する

撮影動画から作成した展開画像をもとに事務所で点検記録の作成を行う

ことで、現地での作業時間の短縮を図る。また、水路トンネル全体の視認性を向上させることが可能な画像取得方法や撮影機材を選定し、新たな点検手法を考案することとした。

3.1 画像取得方法

SfM技術(Agisoft MetaShape:(株)オーク)により水路トンネル全周を画像合成処理するためのラップ率は、縦横断方向ともに60%以上必要であることを確認した。そこで、水路トンネル内部の撮影は、カメラを図-2に示すように7台(約51°間隔)取り付けすることで、画像合成処理に必要なラップ率を確保した。なお、縦断方向については、必要なラップ率を確保できるように撮影した動画から静止画を切り出して合成した。また、カメラ高さを調整することで、水路トンネル高さ1.5m~3.8mまで撮影できる仕様とした。

3.2 機材の選定

撮影機材は、水路トンネル内部での取り扱いを考慮して選定する必要がある。まず、撮影機材の台車の選定にあたっては、水路トンネルのインバートに、摩耗や洗掘による凹凸があっても安定した人力走行ができるク



図-1 点検状況

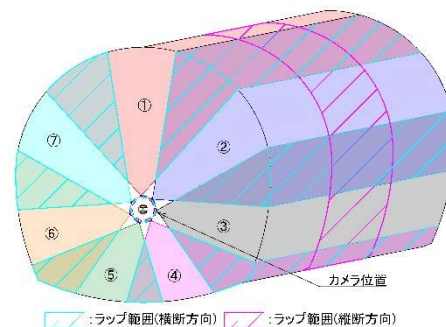


図-2 カメラ撮影範囲

ローラ式台車を採用した。台車に取り付けるカメラは、撮影時の振動によるブレの軽減（電子式手ブレ補正）や防水性を考慮し、市販のアクションカメラを採用した。また、照明は、衝撃に強く、低消費電力で長時間にわたって照らすことができる LED ライトを採用し、さらに、水路トンネル全周を均一に照らし、画像の白飛びが軽減できるように提灯型の光拡散シートを取り付けた（図-3、図-4）。

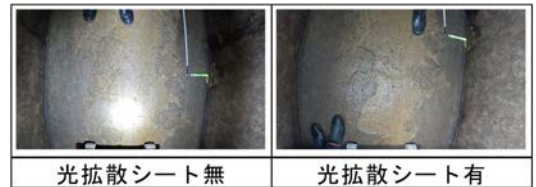


図-3 画像の白飛び対策結果



図-4 撮影機材

4. 新たな点検手法による実水路トンネルでの実証試験結果

水力発電所の実水路トンネル（100m区間）において、新たな点検手法の実証試験を行った結果、従来手法と比較して以下の効果を確認した（表-1）。

- 現地作業員の削減（5名以上 3名程度）
- 現地作業時間の短縮（所要時間約 40%減）
- 水路トンネル天端付近の変状や足元の視認性向上
- 動画撮影による変状の見逃しや再確認のための手戻りの防止

表-1 点検方法の比較

項目/方法	従来手法	本手法
人員	5名以上	3名程度
記録方法	写真・スケッチ	動画
所要時間	1～2km/h	3～4km/h
変状把握	現地計測結果	画像判断

5. 健全性評価に関する考察

撮影動画をもとに SfM 技術で作成した展開画像（図-5）から変状箇所のみを切り出し、進行性の確認が可能である（図-6）。また、作成した展開図に AI による画像解析技術（ひびみっけ：富士フィルム（株））を併用することで、変状の抽出等における効率化・省力化が期待できる（図-7）。なお、台車に取り付けるカメラ台数を増やすことで 3D モデルの作成も可能である（図-8）。

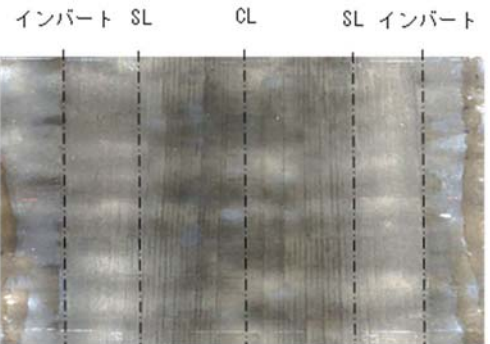


図-5 SfM 技術で作成した展開画像



図-6 変状見え方の比較

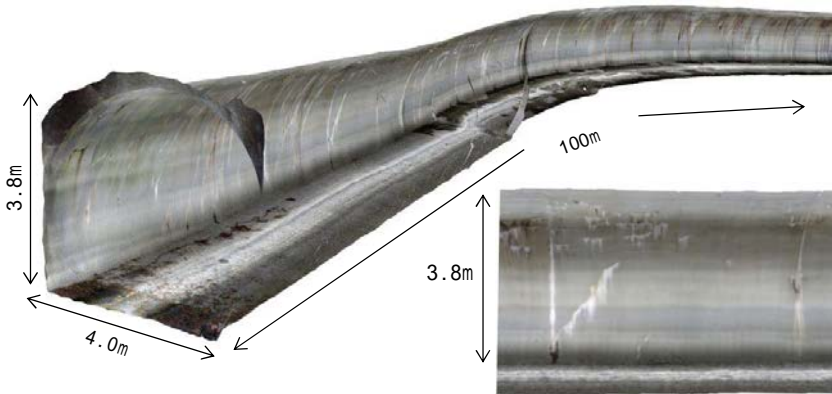
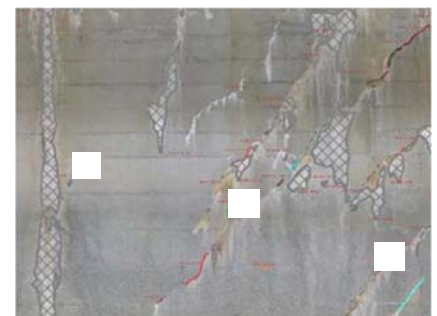


図-8 作成した 3D モデル（例）

6. まとめ

動画撮影により大容量のデータを扱うことから、現時点では長距離のデータ化には課題が残るが、本手法により現地作業の省力化や視認性の向上による作業の効率化と安全性の向上も図れることが確認できた。また、画像処理技術を活用することにより、従来手法と同様に前回との変化を把握することが可能である。目的とした現場作業の削減に有効であり、点検作業員の誰もが簡単に扱えるという点も本手法の大きな利点である。

今後は、周辺地盤と統合した 3D モデルの構築による変状要因の検討等、取得したデータの活用範囲をさらに広げ、水力発電所の実用的な維持管理ツールとして活用を目指してゆきたい。



- ① 遊離石灰
- ② ひび割れ（0.3mm以上）
- ③ 遊離石灰を伴うひび割れ

図-7 ひびみっけによる変状抽出